

MA16) 주암호 지역의 대기건성침적 특성에 관한 연구 Dry deposition Characteristics of Chuamho

장영환·정장표¹⁾·이승목²⁾·전의찬³⁾·신상철·장남익
영산강 수질검사소 ¹⁾경성대학교 환경공학과 ²⁾이화여자대학교 환경공학과
³⁾동신대학교 환경공학과

1. 서론

대기오염물질의 침적현상은 대기 중에 부유하는 독성물질의 거동에 영향을 미치고 대기오염물질이 대기로부터 수면 또는 지표로 이동하는 주요 경로이며 이로 인하여 식물성장에 대한 피해 및 토양오염, 수질오염을 야기시키는 등 환경에 주는 영향으로 인하여 그 중요성과 관심이 증가되고 있다.

대기침적현상에 의한 수체(water body)의 영향정도에 관한 연구결과에 의하면, 미국의 5대호에 있어서 납 총량의 95% 이상이 대기로부터 기여되고 있으며, 미국동부의 체사피크만(Chesapeake Bay)의 경우 적조현상의 원인물질로 알려진 질소에 대한 대기 기여도가 25 ~ 40%에 이르고 있는 것으로 보고되고 있다.(U.S.EPA., Report 1991)

국내에서도 최근 부산 지역에 대해 대기 건식 침적특성에 대한 연구가 진행되고 있으며 미국에서 연구된 방법과 동일한 방법을 택하여 부산의 상수원지역인 회동수원지를 포함한 3군데 지점에 대해 대기 건성침적량을 산정한 결과, 미국 시카고 지역의 대기 건식침적량(130 mg/m²/day)보다 약 2 ~ 3배 높은 침적량(320 ~ 360 mg/m²/day)을 보이고 있었으며, 그 화학적 성분 특성 또한 미국의 경우와 비슷한 수준을 나타내거나 상회하고 있다. 특히 회동수원지의 경우, 대기중의 먼지가 하루에 약 30톤씩 회동수원지로 낙하되고 있으며 몇가지 가정하에, 이들 낙하먼지가 회동수원지 수질에 미치는 영향을 산정한 결과중 Cd, Pb, Cr등이 상수원수기준을 초과하는데 소요되는 기간이 불과 18일에서 7개월로 추정되었다. (김상헌 1996)

이와 같은 연구결과는 우리 나라의 경우도 대기건식 침적현상에 의해 수질 등을 비롯한 환경생태계에 대기 오염물이 미치는 영향이 심각한 수준에 이미 도달되었음을 입증하고 있으며, 따라서 이에 대한 연구와 대책마련이 시급함을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 전라남도지역의 주요 취수원인 주암호를 대상으로 대기침적현상으로 인한 상수원 수질에 미치는 영향을 최종적으로 규명하기 위하여 경성대와 이화여대에서 공동으로 수년간에 걸쳐 제작된 건성침적 측정장치(CPRI, DDP, WS등)를 이용하여 대기중의 가스상과 입자상으로 존재하는 몇가지 중요한 대기오염물질(SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻)과 수용성 양이온성분(K⁺, Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, NH₄⁺)의 건성침적특성을 규명하고자 하였으며 건성침적속도에 연관된 대기중 농도를 분석하기 위하여 3단필터팩과 CPRI를 사용하였다.

2. 실험 및 분석방법

시료채취위치는 전라남도 순천시 송광면에 위치한 국립환경연구원 영산강수질검사소 건물 옥상으로 주위가 산으로 둘러싸여 있으며, 서쪽으로는 주암호가 위치하고 있다.

시료포집기간은 1999년 5월부터 9월까지 비가 오지 않는 날을 기준으로 시료를 채취하였으며, 채취시간은 낮(오전 9시부터 오후 6시)과 밤(오후6시부터 오전 9시)으로 구분하여 포집하는 것을 원칙으로 하였고 Dry Deposition Plate는 낮과 밤을 구분하여 48시간 이상 채취하는 것을 원칙으로 하였다.

물표면지대 (water surface holder), 물표면 매체판 (water surface plate) 그리고 매체판에서 일정한 수위를 유지시키기 위한 물순환 시스템등으로 구성되어 있는 물표면채집기는 500 ml/min의 유속으로 유지시켜 물을 순환시켰으며 침적량의 계산은 시료 채취전·후의 물의 농도와 무게를 이용하였으며 이온크로마토 그래프(Dionex DX-500)를 사용하여 분석하였다. 3단필터팩은 16.7 l/min의 유량으로, 조대입자를 채취하는 CPRI는 320 rpm의 속도를 유지하여 시료를 채취하였으며 시료 채취전·후의 무게차로 대기중의 농도와 mass flux양을 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 물표면채집기를 이용하여 1999년 5월부터 9월까지 SO_4^{2-} , NO_3^- 및 Cl^- 의 침적량 특성 등 대상오염물질들의 대기건성침적특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

먼저, 주암호 지역의 낮·밤시간대에 대한 SO_4^{2-} , NO_3^- 및 Cl^- 의 총평균플럭스값은 각각 $(3.704 \pm 2.023, 1.605 \pm 0.868)$, $(2.688 \pm 1.859, 0.765 \pm 0.942)$, $(0.973 \pm 1.277, 0.416 \pm 0.697)$ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 로 산정되었으며, 이는 SO_4^{2-} 의 경우는 1994년 미국 시카고에서 측정된 결과의 약 13%에 해당하며 SO_4^{2-} 와 NO_3^- 의 경우는 서울의 14%, 27% 부산의 12%와 21%에 해당하는 수준이었다.

양이온의 경우 NH_4^+ 는 낮과 밤이 각각 0.923, 0.667 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 로 나타났으며 다른 항목들도 낮과 밤이 각각 0.243 ~ 0.475, 0.045 ~ 0.419 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 의 수준으로 나타났다.

월별 농도특성을 살펴보면 SO_4^{2-} 와 NH_4^+ 는 3.844, 1.612 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 의 값을 나타낸 6월이 가장 높게 나타났으며 Cl^- , NO_3^- , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ 는 8월에 Mg^{2+} 는 9월에 가장 높게 나타났다.

그리고 밤시간대 평균플럭스값에 대한 낮시간대의 평균플럭스값의 비는 각각 2.308, 3.514, 2.339로 분석되어 대체적으로 낮시간대의 플럭스값이 밤시간대의 플럭스값보다 높게 산정되어졌다.

Dry Deposition Plate에 의한 mass flux는 5월부터 8월까지 약 8회에 걸쳐 시료를 채취하였으며 산정 결과 32.651 ~ 85.283 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 로 이는 1995년 12월부터 1996년 4월까지 부산에서 측정된 값인 190.91 ~ 499.76 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 의 약 16%정도 수준이며 1996년 5월부터 1996년 10월까지 창원시 거주지역의 평균 flux양인 248.48 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 의 약 21%에 해당하는 결과를 보였다.

3단필터팩을 이용한 $\text{PM}_{2.5}$ 의 질량농도는 1999년 6월부터 9월까지 총 12회 측정하였으며 그 결과 우리나라의 배경농도지역으로 선정되었던 거제도지역의 97년 9월~98년 5월에 측정되었던 22.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 낮은 16.49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

Table 1. The comparison of elemental flux during the sampling periods. unit($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)

Date	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	K^+	Ca^{2+}	NH_4^+	Mg^{2+}	Na^+
5월평균 (n=3)	2.453	0.835	0.313	0.000	0.000	0.647	0.000	0.550
표준편차	0.444	0.649	0.543	0.000	0.000	0.566	0.000	0.485
6월평균 (n=3)	3.844	0.446	0.525	0.000	0.000	1.612	0.000	0.000
표준편차	0.817	0.092	0.477	0.000	0.000	0.222	0.000	0.000
8월평균 (n=7)	2.577	1.081	1.961	0.582	0.392	0.984	0.100	0.720
표준편차	1.488	1.348	1.661	0.477	0.343	0.935	0.083	0.612
9월평균 (n=6)	2.920	0.290	1.613	0.146	0.275	0.597	0.212	0.251
표준편차	2.404	0.244	2.008	0.125	0.476	0.403	0.365	0.296
전체평균	2.866	0.692	1.364	0.261	0.231	0.908	0.104	0.431
표준편차	1.631	0.892	1.600	0.384	0.361	0.712	0.216	0.502

Table 2. Summary of elemental flux.

unit(mg/m²/day)

Species	Day Time (n=7)		Night Time (n=6)	
	Avg	Std	Avg	Std
SO ₄ ²⁻	3.704	2.023	1.605	0.868
Cl ⁻	0.973	1.277	0.416	0.697
NO ₃ ⁻	2.688	1.859	0.765	0.942
K ⁺	0.475	0.511	0.271	0.269
Ca ²⁺	0.455	0.455	0.202	0.221
Mg ²⁺	0.243	0.321	0.045	0.030
Na ⁺	0.576	0.541	0.419	0.558
NH ₄ ⁺	0.923	9.901	0.667	0.541

Table 3. Comparison of Dry deposition fluxes for sulfate and nitrate. (flux unit : mg/m²/day)

구분 기간	시카고* (1994)		서울** (1997)			부산** (1997)			주암호 (1999)		
	시료수	SO ₄ ²⁻	시료수	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	시료수	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	시료수	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
6월	0	-	12	19.36	6.39	5	29.49	2.54	3	3.84	0.53
8월	1	12.35	4	5.52	1.85	5	20.16	6.24	7	2.58	1.96
9월	8	30.97	17	33.55	6.55	9	26.96	11.40	6	2.92	1.61
전체 평균		24.15		21.50	5.08		25.32	6.39		3.11	1.37

참 고 문 헌

- Yi, S.M. 1995. Development and Evaluation of a Water Surface to Measure Dry Deposition, Ph.D. diss., Illinois Institute of Technology, Chicago.
- Seung-Muk Yi, Jang-Pyo Cheong (1997) Evaluation and Comparison of Models for Predicting SO₂ Dry Deposition to the Measurement Using A Water Surface Sampler, Korean Society of Environmental Engineers Vol. 2, No. 2,
- Jang-Pyo Jeong, Seung-Muk Yi,(1997) Evaluation and Comparison of Models for Predicting SO₂ Dry Deposition to the Measurement Using A Water Surface Sampler, *Environ. Eng. Res.*, Vol. 2, No. 2: 127-140,
- Jang-Pyo Cheong, Hak Sung Lee, Byung-Wook Kang and Sang-Kwun Lee,(1997) Relationships Between Indoor and Outdoor Air Quality During the Summer Season in Korea *Atmos. Environ.* 31:11 PP. 1689 ~ 1693,
- 김상현. (1996) Characterization of dry deposition in Pusan area. 경성대학교 환경공학과 석사학위논문
- 장영환. (1999) 「거제도 배경농도 측정지역의 산성 에어로졸 및 PM_{2.5}의 특성」. 경성대학교 환경공학과 석사학위논문
- 이승묵·정장표 (1998) 대기 건성침적 측정을 위한 물표면 매체 포집기의 성능평가, 대한환경공학회 논문 Vol. 20. No. 2. pp. 231 ~ 246.